

**Avaliações Preliminares de
Parâmetros Genéticos de
Acessos de *Myrciaria dubia*
por Marcadores Fenotípicos**



ISSN 1983-0483

Agosto, 2013

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Amazônia Oriental

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 87

Avaliações Preliminares de Parâmetros Genéticos de Acessos de *Myrciaria dubia* por Marcadores Fenotípicos

Walnice Maria Oliveira do Nascimento

Fábio de Lima Gurgel

Leonardo Lopes Bhering

Olívia Domingues Ribeiro

Ana Carolina Soares e Soares

Embrapa Amazônia Oriental

Belém, PA

2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.
Caixa Postal 48. CEP 66095-100 - Belém, PA.
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
www.cpatu.embrapa.br
cpatu.sac@embrapa.br

Comitê Local de Publicação

Presidente: *Michell Olívio Xavier da Costa*
Secretário-Executivo: *Moacyr B. Dias-Filho*
Membros: *Orlando dos Santos Watrin*
Márcia Mascarenhas Grise
José Edmar Urano de Carvalho
Regina Alves Rodrigues
Rosana Cavalcante de Oliveira

Revisão técnica: *Moses Andriago Danner* – EPAGRI-SC

Supervisão editorial e revisão de texto: *Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana*

Normalização bibliográfica: *Andréa Liliâne Pereira da Silva*

Tratamento de ilustrações e editoração eletrônica: *Vitor Trindade Lôbo*

Foto da capa: *Ana Carolina Soares*

1ª edição

Versão eletrônica (2013)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Amazônia Oriental

Avaliações preliminares de parâmetros genéticos de acessos de *Myrciaria dubia* por marcadores fenotípicos / Walnice Maria Oliveira do Nascimento... [et al.]. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2013.

27 p. : il. ; 15 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento/ Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483; 87).

1. Camucamuzeiro. 2. Marcador genético. 3. Banco de germoplasma. 4. Marcador fenotípico. I. Nascimento, Walnice Maria Oliveira do. II. Série.

CDD21. ed. 634.6

© Embrapa 2013

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	12
Resultados e Discussão	13
Conclusão	25
Referências	26

Avaliações Preliminares de Parâmetros Genéticos de Acessos de *Myrciaria dubia* por Marcadores Fenotípicos

Walnice Maria Oliveira do Nascimento¹

Fábio de Lima Gurgel²

Leonardo Lopes Bhering³

Olívia Domingues Ribeiro⁴

Ana Carolina Soares e Soares⁵

Resumo

O camucamuzeiro (*Myrciaria dubia*), pertencente à família Myrtaceae, é espécie nativa da Amazônia que está em processo de domesticação. As estimativas de parâmetros como dissimilaridade, herdabilidade e correlações genéticas podem ser úteis para os programas de melhoramento dessa espécie que estão em andamento. O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos de acessos de camucamuzeiro do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Amazônia Oriental, por meio de marcadores fenotípicos. Foram avaliados 46 acessos, por meio da amostragem de 40 frutos maduros (epicarpo totalmente roxo) por acesso, nos quais foram mensurados oito caracteres: peso de fruto, comprimento de fruto, diâmetro de fruto, peso da casca, espessura da casca, número de sementes, peso de sementes e rendimento de polpa. Os caracteres peso de fruto e peso da casca contribuíram com mais de 53,77% para a dissimilaridade. A herdabilidade foi alta para todos os caracteres, com destaque para o peso e o diâmetro do fruto, que também apresentaram maiores correlações genéticas. Verificou-se que há variabilidade entre os

¹ Eng.-agrônoma, D.Sc. em Fitotecnia, pesquisadora A, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, walnice.nascimento@embrapa.br.

² Eng.-agrônomo, D.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador A, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, fabio.gurgel@embrapa.br.

³ Eng.-agrônomo, D.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, professor-adjunto, Universidade Federal de Viçosa, leonardo.bhering@ufv.br.

⁴ Graduanda em Agronomia, estagiária, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, oliviadr83@bol.com.br.

⁵ Graduanda em Agronomia, estagiária, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, anacarolinassoares@hotmail.com.

acessos do BAG de camucamuzeiro e que, em virtude das correlações significativas entre as variáveis, podem-se adotar métodos de seleção indireta como ferramenta auxiliar no processo de domesticação e melhoramento dessa espécie. O peso de fruto pode ser utilizado na seleção indireta do rendimento de polpa, por ser de mais fácil mensuração.

Termos para indexação: *Myrciaria dubia*, banco ativo de germoplasma, dissimilaridade genética, herdabilidade, correlações genéticas.

Genetic Parameters Estimates in *Myrciaria dubia* Accesses by Phenotypic Markers

Abstract

Belonging to the Myrtaceae family, the camucamu is a species under domestication process and used by local populations in Peru and Brazil through the exploitation of plants naturally born on the banks of rivers and lakes or small areas of land. Estimates and understanding of genetic parameters in this species are important for understanding the genetic structure of populations, for inference on genetic variability, and provide subsidies to predict the genetic gains and the possible success in the breeding program of this crop. Therefore, the objective of this study was to estimate the genetic parameters and the genetic variability in accessions from Camucamu GermBank of Embrapa Eastern Amazon. For the study, 46 accessions were analyzed, it was harvest 40 fruits at full ripeness per accession (fruits with totally purple epicarp). Eighth morpho-agronomic traits were evaluated: fruit weight (g), fruit length (cm), fruit diameter (cm), epicarp weight (g), epicarp thickness (cm), number of seeds (n), weight of seeds (g) and pulp yield. The characters fruit weight, and epicarp weight and thickness contributed over 60% to the dissimilarity. Heritability was high for all the characters, especially the weight and diameter of fruit, which also showed high genetic correlations. It was verified that there is variability among the accessions of the camucamu GermBank and that, due to the significant correlations among the variables, indirect selection methods can be applied as an auxiliary tool in the process of domestication and breeding of this species. The weight of the fruit can be used for indirect selection of pulp yield, as it is more easily measured.

Index terms: Myrciaria dubia, germbank, genetic dissimilarity, heritability, genetic correlations.

Introdução

O camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* [H.B.K.] McVaugh, Myrtaceae) é espécie frutífera de porte arbustivo (Figura 1), que ocorre naturalmente nas zonas de várzeas da maioria dos rios, lagos e igapós da Bacia Amazônica (YUYAMA; VALENTE, 2010), usada pelas populações indígenas e locais do Peru e do Brasil de forma extrativista, e que está sendo domesticada para o cultivo em terra firme (YUYAMA, 2011). Possui flores brancas, hermafroditas e poliândricas, com elevada porcentagem de polinização cruzada (91%) e reduzido nível de autogamia (9%) (CRUZ; RESENDE, 2008). O pólen é seco e facilmente transportado pelo vento ou pela gravidade, sendo o principal recurso e atrativo floral. A floração é mais expressiva no mês de março e a frutificação no mês de julho, ocorrendo desfolha no mês de novembro. Os principais visitantes são *Nannotrigona punctata*, *Trigona pallens* (Meliponinae) e pequenos besouros (Chrysomelidae). As abelhas-sem-ferrão da subfamília Meliponinae são os polinizadores legítimos (MAUÉS; COUTURIER, 2002).



Figura 1. Camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh): (a) planta, (b) inflorescência, (c) fruto.

Foto: (a) Walnice Nascimento (b) Fábio Gurgel (c) Ana Carolina Soares.

O fruto de *Myrciaria dubia* é baga esférica de superfície lisa e brilhante, coloração vermelho-arroxeadada, com 2 cm a 4 cm de diâmetro e uma a quatro sementes (VILLACHICA, 1996). A dispersão das sementes é endozoocórica, feita principalmente por peixes como o tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier 1818, Caracidae) e pela própria correnteza dos cursos d'água (YUYAMA; SIQUEIRA, 1999). Essa espécie possui elevado potencial econômico, em razão do alto conteúdo de ácido ascórbico nos frutos (próximo de 3 g 100 g⁻¹ de polpa), que é superior a outras frutas tropicais, como a acerola (ANDRADE et al., 1995).

Para realizar a conservação e o melhoramento genético do camucamuzeiro, foi implantado em 1994 um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) na Embrapa Amazônia Oriental (Figura 2), em Belém, PA, a partir de mudas formadas de sementes extraídas de frutos coletados em populações nativas dos estados do Amazonas e Pará. Atualmente, o BAG apresenta 48 diferentes acessos, em que cada acesso é representado por um grupo de dez plantas propagadas por sementes originadas de uma mesma planta matriz (progênie meio-irmão). Quatro acessos são oriundos do Município de Atalaia do Norte, 8 do Município de São Paulo de Olivença, ambos localizados no Estado do Amazonas, e 36 acessos são oriundos do Município de Oriximiná, no Estado do Pará (Figuras 3 e 4).



Foto: Wainice Nascimento

Figura 2. Banco Ativo de Germoplasma de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) da Embrapa Amazônia Oriental.

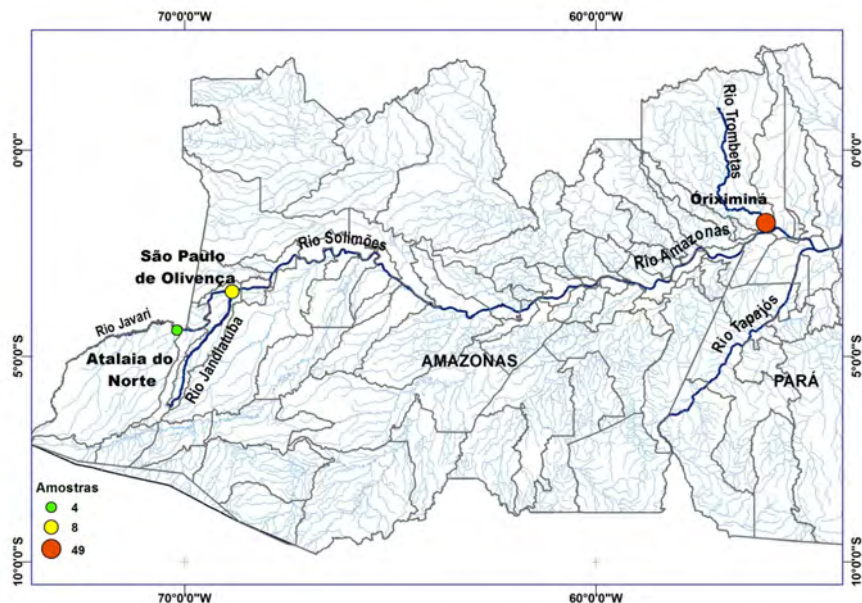


Figura 3. Mapa de localização da coleta das amostras.

O BAG serve para preservar a variabilidade da espécie em estudo e também para realizar a caracterização dos acessos, visando ao melhoramento genético (BORÉM; VIANA, 2009). É importante realizar a estimação de parâmetros genéticos como variabilidade, herdabilidade e correlações genéticas dos caracteres em seleção, pois isto auxilia na definição de genótipos superiores, na escolha de genitores para realizar hibridações e para prever os ganhos genéticos no programa de melhoramento (CRUZ et al., 2012; FEHR, 1987). Yuyama (2011) afirma que dados de experimentos com essas bases ainda não existem para o camucamuzeiro.

Portanto, faz-se necessário dimensionar as magnitudes das variâncias de origem genética frente às variações devidas ao ambiente de caracteres importantes, para que seja possível estimar de maneira adequada o potencial da população alvo do melhoramento genético (FALCONER, 1987; HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1981). No caso do camucamuzeiro, os caracteres de maior relevância estão relacionados com a produção de frutos que proporcionem maior rendimento de polpa, utilizada para diversos fins, como sorvetes,



Figura 4. Localização do Banco Ativo de Germoplasma de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) da Embrapa Amazônia Oriental.

sucos e licores. Panduro (2012) demonstrou que há alta variabilidade no camucamuzeiro e que a caracterização fenotípica e a correlação genética entre os caracteres vegetativos e produtivos podem fornecer informações referentes à resposta genética e ambiental expressada pela planta.

O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos em acessos de camucamuzeiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, por meio de marcadores fenotípicos.

Material e Métodos

Realizou-se a caracterização do fruto em 46 plantas matrizes de camucamuzeiro com 19 anos, estabelecidas no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Amazônia Oriental, localizado no Campo Experimental no Município de Belém, PA, Brasil, longitude 1°26'30,31"S e latitude 48°26'44,17"W. As plantas estão estabelecidas em área de terra firme, em solo tipo Latossolo Amarelo textura média. O clima da região é tipo Ami, caracterizado por duas estações com diferenças pluviométricas bem definidas. Na estação mais chuvosa (janeiro a junho), os índices pluviométricos tiveram variação entre 159 mm e 388 mm. Na estação menos chuvosa (julho a dezembro), a precipitação chegou a mínima de 17 mm e máxima de 203 mm (série histórica dos últimos 10 anos, coletados na estação meteorológica da Embrapa Amazônia Oriental).

De maio a setembro de 2011, dependendo da época de maturação do fruto em cada planta matriz, foram colhidos 40 frutos por planta em completo estágio de maturação (frutos com epicarpo totalmente roxo), sendo avaliados oito caracteres fenotípicos: peso (g), comprimento (cm), diâmetro (cm), peso da casca (g), espessura da casca (cm), número de sementes (n), peso de sementes (g) e rendimento de polpa (%).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em que as 46 plantas matrizes corresponderam aos tratamentos e os 40 frutos, ao número de repetições. Os dados dos caracteres avaliados foram submetidos à análise de variância (Anova) e às análises multivariadas (CRUZ, 2006) por meio do programa Genes. Foram estimados os parâmetros genéticos de variâncias fenotípica, ambiental e genotípica, de herdabilidade, coeficiente de correlação intraclasse (parcelas),

coeficiente de variação genético e razão entre o coeficiente de variação genético e o ambiental. Realizou-se a estimativa da dissimilaridade genética entre os acessos, baseada na distância generalizada de Mahalanobis, seguida da definição de agrupamentos dos acessos utilizando o método de Tocher. A importância relativa dos caracteres na dissimilaridade genética foi calculada usando o método proposto por Singh (1981).

Realizaram-se análises de correlação simples, pela fórmula de Pearson, e análise de correlações parciais entre os caracteres avaliados, para verificar as relações existentes entre eles e a possibilidade de seleção indireta de algum caractere.

Resultados e Discussão

Por meio do teste F da análise de variância (Tabela 1), observou-se que, para todos os caracteres fenotípicos dos frutos estudados, houve diferença altamente significativa ($P < 0,01$) entre plantas de camucamuzeiro, o que evidencia a elevada variabilidade genética existente. Isto possibilita a seleção de genótipos superiores para os caracteres de interesse.

Tabela 1. Análise de variância agrupada dos caracteres peso de fruto (PFR), comprimento de fruto (CFR), diâmetro de fruto (DFR), peso de casca (PCS), espessura da casca (ECS), número de sementes (NSE), peso de sementes (PSE) e rendimento de polpa (RPO).

FV	GL	QM							
		PFR	CFR	DFR	PCS	ECS	NSE	PSE	RPO
Tratamentos	45	125,29**	1,42**	1,62**	0,25**	6,74**	2,16**	4,75**	822,34**
Resíduos	1794	4,65	0,12	0,71	0,02	0,69	0,11	0,39	72,93
Total	1839								

** significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Para todos os caracteres avaliados observou-se que a variância fenotípica (σ^2_t), ou variância total, foi devida predominantemente a causas genéticas, pois os valores da variância genética (σ^2_g) representaram de 89% a 96% da variância total, valores bem superiores aos da variância ambiental (σ^2_e) (Tabela 2). Esses resultados influenciaram os valores de herdabilidade (h^2), que é a proporção genética da variabilidade total. Assim, todos os caracteres apresentaram alta herdabilidade ($> 0,89$), com destaque para peso de

frutos (0,9628). Isto é desejável em um programa de melhoramento de camucamuzeiro, pois esse caractere é de fácil mensuração e sua seleção será efetiva em virtude da alta herdabilidade. Segundo Miranda et al. (1988), quanto maior o nível de expressão da variabilidade genética em relação ao ambiente, e se a maior proporção dessa variabilidade genética for devida aos efeitos aditivos, maiores serão os ganhos estimados para a geração seguinte.

Tabela 2. Estimativa de parâmetros genéticos e estatística geral das variáveis peso de fruto (g, PFR), comprimento de fruto (cm, CFR), diâmetro de fruto (cm, DFR), peso de casca (g, PCS), espessura da casca (cm, ECS), número de sementes (n, NSE), peso de sementes (g, PSE) e rendimento de polpa (% RPO) em análise de plantas de 46 acessos de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* [H.B.K.] McVaugh).

Parâmetro	PFR	CFR	DFR	PCS	ECS	NSE	PSE	RPO
σ^2_f	3,1324	0,0355	0,0407	0,0062	0,1685	0,0540	0,1188	20,5585
σ^2_a	0,1164	0,0031	0,0018	0,0005	0,0174	0,0028	0,0098	1,8232
σ^2_g	3,0160	0,0325	0,0389	0,0057	0,1511	0,0512	0,1090	18,7353
h^2	0,9628	0,9137	0,9561	0,9190	0,8966	0,9477	0,9177	0,9113
c^2_i	0,3932	0,2092	0,3525	0,2210	0,1782	0,3118	0,2180	0,2044
CVg%	22,1770	8,2195	8,3733	21,8912	20,6829	20,5981	25,1945	6,2799
CVg/CVe	0,8049	0,5144	0,7379	0,5326	0,4657	0,6732	0,5279	0,5069
Média geral	7,83	2,19	2,35	0,35	1,88	1,10	1,31	68,92

* σ^2_f : variância fenotípica média; σ^2_a : variância ambiental média; σ^2_g : variância genotípica média; h^2 : herdabilidade (média dos acessos); c^2_i : coeficiente de correlação intraclasse (parcela); CVg%: coeficiente de variação genético (%); CVg/CVe: razão entre o coeficiente de variação genético e o ambiental, baseado na média dos genótipos.

Isto indica a possibilidade de obtenção de elevados ganhos genéticos no melhoramento para peso de fruto, o qual é de alto interesse comercial, e que genitores com maior peso de fruto podem ser utilizados em polinizações dirigidas para obter genótipos com essa característica. Panduro (2012) encontrou níveis moderados de herdabilidade para rendimento de frutos e peso de fruto (0,2640 e 0,2870, respectivamente).

Há ainda o parâmetro coeficiente de correlação intraclasse (c^2_i), que quantifica a variabilidade dentro dos blocos. Bons experimentos em plantas perenes apresentam valores desse coeficiente em torno de 10% de toda variação fenotípica dentro dos blocos proporcionada pela variação ambiental entre parcelas (RESENDE, 2002). Todos os caracteres estudados apresentaram c^2_i acima desse limite, estando mais próximo deste as variáveis espessuras da casca (0,1782) e

comprimento de fruto (0,2092). Esses coeficientes elevados devem-se, em plantas perenes, ao primeiro ano de produção da cultura, em que os genótipos ainda não estabilizaram a sua produção. Para o camucamuzeiro, a estabilização da produção ocorre a partir do terceiro ano de produção, quando as plantas são de mudas clonais, e quinto ano, quando as plantas são de pé-franco, como é o caso desse BAG. Como os dados apresentados foram obtidos de frutos colhidos no 13º ano de produção, em que se esperava uma maior estabilidade de produção, e os valores de c_i^2 foram relativamente altos, pois variaram de 17,82% a 39,32%, pode-se deduzir que essa variabilidade existente entre os frutos analisados do BAG deveu-se mais a causas ambientais do que genéticas e a produção ainda não se estabilizou como era esperado.

As estimativas dos coeficientes de variação genotípica (CVg%) em geral indicaram grande variação dos dados analisados, em parte por causa da variação na sazonalidade de produção existente nos acessos estudados, utilizando-se dados de apenas um ano de produção. Essas estimativas variaram de 6,2799% (RPO) a 25,1945% (PSE), de modo que os caracteres RPO e CFR (8,2195%) apresentaram os menores CVg%. Segundo Borém e Viana (2009), o conhecimento da variabilidade fenotípica, resultado da ação conjunta dos efeitos genéticos e de ambiente, é de grande importância para o melhorista na escolha dos métodos de melhoramento, dos locais para condução dos testes de rendimento e do número de repetições, e na predição dos ganhos de seleção. Obviamente, as variações de ambiente ofuscam as de natureza genética. Neste trabalho, por meio da relação CVg/CVe, é possível identificar os caracteres cuja variação se deve mais a causas genéticas do que ambientais. Quanto mais próximo de 1,0 for essa relação maior será a variação em razão de causas genéticas. O caráter que se destacou foi o peso de fruto (0,8049), seguido do diâmetro do fruto (0,7379) e número de sementes (0,6732), o que coincide com os valores de variância encontrados.

Os resultados citados acima têm grande importância na etapa de pré-melhoramento de uma espécie não domesticada, como o camucamuzeiro, pois foi possível comprovar que a variabilidade dos caracteres avaliados foi devida predominantemente a fatores genéticos. A próxima etapa é a seleção de indivíduos superiores dentro de grupos heteróticos distintos, a fim de utilizar em um plano de polinizações dirigidas, visando obter a máxima heterose possível para os caracteres

em seleção nas progênies geradas.

Na Tabela 3, observam-se os testes de comparação de médias para todos os tratamentos em função das variáveis analisadas. A planta matriz 33 destacou-se com as maiores médias para as variáveis peso (11,68 g), comprimento (2,53 cm) e diâmetro de fruto (2,74 cm). Os tratamentos que apresentaram as maiores médias para peso e espessura da casca, bem como número e peso de sementes, foram,

Tabela 3. Médias das variáveis peso de fruto (g, PFR), comprimento de fruto (cm, CFR), diâmetro de fruto (cm, DFR), peso de casca (g, PCS), espessura da casca (cm, ECS), número de sementes (n, NSE), peso de sementes (g, PSE) e rendimento de polpa (%RPO) de 46 acessos de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* [H.B.K.] McVaugh).

Peso de Fruto (PFR)		Comprimento de Fruto (CFR)		Diâmetro de Fruto (DFR)		Peso de Casca (PCS)	
Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
33	11,68 a	33	2,53 a	33	2,74 a	32	1,68 a
43	11,17 ab	43	2,48 ab	43	2,69 ab	33	1,62 ab
30	10,44 abc	25	2,47 abc	25	2,64 abc	18	1,60 abc
38	10,39 abcd	20	2,45 abcd	38	2,64 abc	25	1,47 abcd
25	10,35 abcd	30	2,45 abcd	20	2,62 abcd	27	1,32 bcde
20	10,17 abcde	27	2,44 abcde	30	2,61 abcde	38	1,31 cde
27	10,00 abcdef	38	2,43 abcde	34	2,59 abcdef	6	1,30 def
29	9,79 abcdefg	29	2,42 abcde	29	2,59 abcdef	19	1,29 defg
34	9,69 abcdefg	34	2,40 abcdef	27	2,59 abcdef	5	1,27 defgh
35	9,66 bcdfg	13	2,38 abcdefg	35	2,58 abcdef	29	1,26 defghi
13	9,54 bcdefgh	32	2,37 abcdefg	32	2,51 abcdefg	15	1,25 defghij
32	9,33 bcdefghi	35	2,33 abcdefgh	13	2,48 bcdefgh	41	1,22 defghijk
19	8,57 cdefghij	3	2,30 abcdefghi	2	2,44 cdefghi	43	1,22 defghijk
7	8,53defghij	24	2,26 abcdefghij	19	2,44 cdefghi	7	1,21 defghijk
18	8,43 efghijk	7	2,27 abcdefghij	7	2,42 cdefghi	2	1,20 defghijkl
8	8,36 efghijkl	8	2,24 abcdefghij	24	2,42 cdefghi	34	1,18 defghijkl
37	8,18 fghijklm	40	2,23 abcdefghij	8	2,41 cdefghi	26	1,17 efghijkl
2	8,08 ghijklm	18	2,24 abcdefghij	23	2,40 defghij	30	1,16 efghijklm
22	8,04 ghijklm	6	2,23 abcdefghij	40	2,39 defghij	8	1,15 efghijklm

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Peso de Fruto (PFR)		Comprimento de Fruto (CFR)		Diâmetro de Fruto (DFR)		Peso de Casca (PCS)	
Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
10	7,99 ghijklm	2	2,23 abcdefghij	6	2,39 defghij	20	1,12 efghijklmn
24	7,98 ghijklm	23	2,20 abcdefghij	37	2,38 efghijk	24	1,12 efghijklmn
6	7,75 hijklmn	21	2,19 bcdefghij	22	2,38 fghijk	10	1,11 efghijklmn
42	7,71 hijklmno	41	2,18 bcdefghij	10	2,37 fghijk	13	1,09 efghijklmn
23	7,66 hijklmno	28	2,18 bcdefghij	18	2,36 fghijkl	35	1,08 efghijklmno
41	7,65 hijklmno	1	2,18 bcdefghij	5	2,35 ghijkl	40	1,05 efghijklmno
40	7,52 ijklmnop	37	2,17 cdefghij	16	2,33 ghijkl	42	1,04 efghijklmnop
9	7,49 ijklmnop	42	2,17 cdefghij	41	2,33 ghijkl	17	1,03 efghijklmnop
5	7,33 jklmnop	22	2,16 cdefghij	21	2,32 ghijklm	37	1,01 fghijklmnop
16	7,29 jklmnopq	5	2,15 defghijk	42	2,32 ghijklm	9	1,01 fghijklmnop
1	7,27 jklmnopq	19	2,15 defghijk	1	2,32 ghijklm	21	1,00 ghijklmnop
21	7,23 jklmnopq	10	2,13 efghijk	4	2,30 ghijklmn	31	0,98 hijklmnop
26	6,92 jklmnopq	31	2,10 fghijk	26	2,27 hijklmno	22	0,97 ijklmnop
4	6,83 jklmnopq	4	2,10 fghijk	28	2,26 hijklmno	11	0,97 ijklmnop
15	6,59 klmnopqr	11	2,09 ghijk	31	2,23 ijklmno	36	0,96 ijklmnop
39	6,53 klmnopqr	16	2,07 ghijk	39	2,22 ijklmno	16	0,95 klmnop
28	6,48 lmnopqr	26	2,05 hijk	15	2,21 ijklmno	23	0,93 klmnop
31	6,47 lmnopqr	39	2,05 hijk	11	2,20 ijklmnop	46	0,93 klmnop
11	6,33 mnopqr	46	2,00 ijk	3	2,17 ijklmnop	3	0,91 lmnop
3	6,27 mnopqr	17	2,00 ijk	45	2,15 klmnop	4	0,91 lmnop

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Peso de Fruto (PFR)		Comprimento de Fruto (CFR)		Diâmetro de Fruto (DFR)		Peso de Casca (PCS)	
Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
17	5,86 nopqr	15	1,99 jk	46	2,15 klmnop	14	0,87 mnop
45	5,83 opqr	36	1,97 jk	17	2,13 lmnop	28	0,85 nop
46	5,69 pqr	9	1,96 jk	9	2,08 mnop	45	0,85 nop
36	5,40 qrs	14	1,96 jk	36	2,07 nop	1	0,84 nop
14	5,38 qrs	45	1,96 jk	14	2,04 op	39	0,79 op
12	4,69 rs	12	1,85 kl	12	1,98 pq	12	0,75 pq
44	3,58 s	44	1,61 l	44	1,79 q	44	0,47 q

Espessura da Casca (ECS)		Número de Sementes (NSE)		Peso de Sementes (PSE)		Rendimento de Polpa (RPO)	
Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
5	0,53 a	18	2,65 a	43	1,91 a	4	75,39 a
17	0,50 ab	43	2,52 ab	18	1,91 a	12	74,63 ab
32	0,49 abc	8	2,50 ab	29	1,79 ab	13	74,47 abc
41	0,48 abcd	37	2,42 abc	25	1,78 abc	30	74,23 abcd
45	0,44 abcde	33	2,40 abc	35	1,74 abcd	38	74,14 abcd
6	0,43 abcdef	20	2,32 abcd	33	1,73 abcde	34	73,94 abcd
18	0,43 abcdef	35	2,32 abcd	20	1,73 abcde	44	73,83 abcd
46	0,43 abcdef	5	2,30 abcde	32	1,69 abcdef	11	73,65 abcde
27	0,41 abcdefg	27	2,30 abcde	19	1,63 abcdefg	3	72,75 abcdef
36	0,40 bcdefgh	21	2,27 abcde	15	1,60 abcdefg	27	72,41 abcdef

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Espessura da Casca (ECS)		Número de Sementes (NSE)		Peso de Sementes (PSE)		Rendimento de Polpa (RPO)	
Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
29	0,39 bcdefghi	15	2,22 abcdef	37	1,58 abcdefgh	20	71,97 abcdef
15	0,38 bcdefghij	25	2,22 abcdef	30	1,55 abcdefgh	43	71,89 abcdef
33	0,38 bcdefghij	41	2,22 abcdef	26	1,53 abcdefgh	39	71,88 abcdef
25	0,38 bcdefghij	46	2,22 abcdef	8	1,52 abcdefgh	9	71,52 abcdef
14	0,38 bcdefghij	32	2,15 abcdefg	23	1,41 abcdefghi	16	71,40 abcdef
2	0,38 bcdefghij	19	2,07 abcdefgh	27	1,41 abcdefghi	33	71,26 abcdef
19	0,38 bcdefghij	26	2,07 abcdefgh	38	1,40 abcdefghi	1	71,04 abcdefg
40	0,37 cdefghij	22	2,05 abcdefghi	24	1,40 abcdefghi	45	70,91 abcdefg
4	0,36 defghij	6	2,02 abcdefghi	22	1,38 abcdefghij	22	70,50 abcdefg
38	0,36 defghij	42	2,02 abcdefghi	34	1,37 abcdefghij	35	70,40 abcdefg
21	0,36 defghij	23	2,00 abcdefghi	10	1,37 abcdefghij	28	69,55 abcdefg
37	0,36 defghij	39	2,00 abcdefghi	2	1,34 bcdefghij	7	69,45 abcdefg
11	0,35 efghij	1	1,85 bcdefghi	13	1,34 bcdefghij	23	69,41 abcdefg
26	0,35 efghij	10	1,82 bcdefghijk	7	1,34 bcdefghij	42	69,38 abcdefg
9	0,34 efghijk	30	1,82 bcdefghijk	42	1,32 bcdefghijk	41	69,01 abcdefg
10	0,33 efghijkl	38	1,80 bcdefghijk	1	1,30 bcdefghijkl	25	68,80 abcdefgh
16	0,32 efghijklm	36	1,75 cdefghijk	21	1,30 bcdefghijkl	10	68,74 abcdefgh
28	0,32 efghijklm	16	1,72 cdefghijk	17	1,29 bcdefghijkl	2	68,70 abcdefgh
7	0,31 fghijklmn	14	1,65 defghijk	31	1,25 bcdefghijkl	37	68,57 abcdefgh
23	0,31 fghijklmn	29	1,65 defghijk	36	1,23 cdefghijkl	24	68,38 abcdefgh

Continua...

Tabela 2. Continuação.

Espessura da Casca (ECS)		Número de Sementes (NSE)		Peso de Sementes (PSE)		Rendimento de Polpa (RPO)	
Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
31	0,31 fghijklmn	31	0,31 fghijklmn	31	0,31 fghijklmn	8	67,95 abcdefgh
8	0,31 fghijklmn	8	0,31 fghijklmn	8	0,31 fghijklmn	21	67,92 abcdefgh
3	0,30 ghijklmn	3	0,30 ghijklmn	3	0,30 ghijklmn	6	67,69 bcdefgh
35	0,30 ghijklmn	35	0,30 ghijklmn	35	0,30 ghijklmn	29	67,54 bcdefgh
34	0,29 hijklmn	34	0,29 hijklmn	34	0,29 hijklmn	5	67,51 bcdefgh
44	0,28 ijklmn	44	0,28 ijklmn	44	0,28 ijklmn	14	67,29 bcdefgh
12	0,26 jklmn	12	0,26 jklmn	12	0,26 jklmn	40	66,94 cdefgh
24	0,26 jklmn	24	0,26 jklmn	24	0,26 jklmn	46	66,69 defghi
22	0,26 jklmn	22	0,26 jklmn	22	0,26 jklmn	31	66,10 efghij
42	0,26 jklmn	42	0,26 jklmn	42	0,26 jklmn	19	65,83 fghij
1	0,26 jklmn	1	0,26 jklmn	1	0,26 jklmn	32	63,62 ghijk
13	0,26 jklmn	13	0,26 jklmn	13	0,26 jklmn	26	61,31 hijk
39	0,22 klmn	39	0,22 klmn	39	0,22 klmn	36	59,16 ijk
30	0,21 lmn	30	0,21 lmn	30	0,21 lmn	18	58,74 jk
43	0,20 mn	43	0,20 mn	43	0,20 mn	17	57,58 k
20	0,19 n	20	0,19 n	20	0,19 n	15	56,43 k

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si ($p > 0,01$) pelo teste de Tukey.

respectivamente, 32 (1,68 g), 5 (0,53 cm), 18 (2,65), 43 (1,91g). O tratamento 4 apresentou o maior rendimento de polpa (75,39%).

A dissimilaridade genética entre os acessos foi verificada pelo agrupamento de Tocher, por meio do qual os 46 acessos foram distribuídos em oito grupos heteróticos (Tabela 4).

Tabela 4. Formação de grupos pelo método de Tocher.

Tocher	
Grupo	Acessos
1	22, 42, 8, 10, 16, 23, 1, 37, 21, 31, 28, 24, 39, 19, 26, 2, 7, 35, 4, 11, 40, 45, 6, 14, 3
2	20, 43, 30, 13, 34, 38, 25, 27, 29
3	5, 41, 46
4	17, 36, 15
5	18, 32
6	12, 44
7	9
8	33

Em programa de melhoramento, é desejável que se dê prioridade ao cruzamento entre genótipos que tenham elevadas médias de caracteres de interesse e que apresentem alta dissimilaridade genética entre si, para que sejam geradas progênies com alta possibilidade de seleção de genótipos superiores aos seus genitores. Após a identificação dos acessos superiores, o cruzamento dialelo será uma forma interessante de descobrir quais são os cruzamentos potenciais, ou seja, aqueles em que a média da próxima geração é maior para todos os caracteres de interesse.

O valor de contribuição relativa dos caracteres avaliados (Tabela 5) para a dissimilaridade genética (S_j) foi maior para o caractere peso de fruto (39,60%) e peso da casca (14,17%), os quais juntos foram responsáveis por 53,77% da variação existente dentro dos acessos (Tabela 5). Os caracteres peso das sementes (2,31%) e comprimento de frutos (3,13) tiveram baixa contribuição na dissimilaridade genética (< 5% cada) e, por isso, podem ser descartados em estudos futuros.

Tabela 5. Contribuição relativa dos caracteres para a diversidade baseada na distância generalizada de Mahalanobis.

Variável	Sj	Valor em %
Peso de Fruto	1.721,75	39,5961
Peso da Casca	616,19	14,1709
Espessura da Casca	544,94	12,5322
Diâmetro de Fruto	514,91	11,8417
Número de Sementes	373,00	8,5782
Rendimento de Polpa	340,67	7,8345
Comprimento de Fruto	136,31	3,1347
Peso de Sementes	100,51	2,3116

Nos coeficientes de correlação simples de Pearson obtidos, bem como nas correlações parciais, verifica-se tanto correlações positivas como negativas, havendo níveis de significância a 1% e a 5% (Tabela 6). Considerou-se uma correlação significativa alta aquela que apresentasse valores acima de 0,70 e $P < 0,01$. Na correlação de Pearson, observou-se que o caráter peso de fruto apresentou correlação alta e positiva com comprimento de fruto (0,9285), diâmetro de fruto (0,9689), peso da casca (0,7346) e peso de semente (0,8019). Já o caráter comprimento de fruto apresentou maior correlação significativa com diâmetro de fruto (0,9487) e peso de semente (0,7133). O caráter diâmetro do fruto correlacionou-se significativamente e apresentou altos coeficientes com peso da casca (0,7115) e peso de semente (0,7825). O caráter espessura da casca não apresentou correlação significativa e alta com nenhum outro caráter. O número de semente e o peso da casca correlacionaram-se positivamente com o peso da semente (0,7229 e 0,7539, respectivamente).

Nos coeficientes de correlação parciais obtidos observou-se que o caráter rendimento de polpa apresentou correlação alta e positiva com peso de fruto (0,7764) e alta e negativa com o peso de semente (-0,9005).

As estimativas de correlações podem ser úteis quando determinado caráter de interesse é de difícil avaliação. Se esse caráter apresenta correlações fenotípicas e genotípicas significativas com outro de mais fácil acesso, pode-se fazer a seleção indireta com base no caráter de fácil acesso. Quando dois caracteres apresentam correlação positiva e significativa, a seleção em um resulta na melhoria do outro. Dificuldades surgem quando dois caracteres apresentam correlação

positiva e significativa e um deles é indesejável, ou quando os dois caracteres são desejáveis, mas a correlação é negativa e significativa (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2000).

Tabela 6. Coeficientes de correlação de Pearson (triângulo superior) e parciais (triângulo inferior) para as variáveis peso de fruto (g, PFR), comprimento de fruto (cm, CFR), diâmetro de fruto (cm, DFR), peso de casca (g, PCS), espessura da casca (cm, ECS), número de sementes (n, NSE), peso de sementes (g, PSE) de acessos de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* [H.B.K.] McVaugh) do BAG da Embrapa Amazônia Oriental.

	PFR	CFR	DFR	ECS	NSE	PCS	PSE	RPO
PFR	-	0,9285**	0,9689**	-0,1571ns	0,5239**	0,7346**	0,8019**	20,5585
CFR	0,1513ns	-	0,9487**	-0,1379ns	0,4657**	0,6912**	0,7133**	1,8232
DFR	0,4211**	0,5632**	-	-0,1280ns	0,5291**	0,7115**	0,7825**	18,7353
ECS	0,0445ns	-0,1996ns	0,2093ns	-	0,1309ns	0,3929**	-0,0157ns	0,9113
NSE	-0,2065ns	-0,0075ns	0,0826ns	0,1694ns	-	0,5771**	0,7229**	0,2044
PCS	0,6167**	0,1030ns	-0,1876ns	0,4248**	0,0982ns	-	0,7539**	6,2799
PSE	0,7349**	-0,2169ns	0,0729ns	-0,4280**	0,3938*	-0,3308*	-	0,5069
RPO	0,7764**	-0,1444ns	0,0182ns	-0,3551*	0,1891ns	-0,5253**	-0,9005**	68,92

**, *: Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste t; ns: não significativo pelo teste de t.

A caracterização morfológica de germoplasma é requisito básico para determinar e quantificar a variabilidade genética presente (GALATE et al., 2012). No presente trabalho, verificou-se que há variabilidade entre os acessos do BAG de camucamuzeiro e que, em virtude das correlações significativas entre as variáveis, podem-se adotar métodos de seleção indireta como ferramenta auxiliar no processo de domesticação e melhoramento dessa espécie. O peso de fruto pode ser utilizado na seleção indireta do rendimento de polpa, por ser de mais fácil mensuração.

Outra análise importante e que deve ser realizada futuramente para os acessos de camucamuzeiro é a análise de repetibilidade. O coeficiente de repetibilidade pode ser usado para avaliar se a seleção baseada em alguma característica fenotípica será confiável, ou seja, se os genótipos selecionados manterão sua superioridade indefinidamente e também permite determinar o número de medições necessárias em cada indivíduo, para que haja eficiência na seleção fenotípica de um determinado caractere. Isso pode resultar na redução de custos e de mão de obra em programas de melhoramento genético, especialmente de plantas perenes (CRUZ et al., 2012).

Porém, em certos casos, os coeficientes de correlações simples podem produzir grandes equívocos a respeito da relação que há entre duas variáveis, podendo não ser uma medida real de causa e efeito. Assim, um alto ou baixo coeficiente de correlação entre duas variáveis pode ser o resultado do efeito que, sobre duas variáveis, tem uma terceira variável ou um grupo de variáveis. Uma medida mais informativa sobre a relação entre variáveis é o coeficiente de correlação parcial, que é estimado removendo-se os efeitos de outras variáveis sobre a associação estudada (CRUZ et al., 2012).

Conclusão

1. Existe ampla variabilidade genética para caracteres de frutos entre os acessos de camucamuzeiro estabelecidos no Banco de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, o que permitirá ganhos genéticos na seleção desses caracteres.
2. A variância fenotípica dos caracteres deve-se predominantemente a causas genéticas, e os caracteres apresentam alta herdabilidade, podendo ser utilizados como critério de seleção.
3. Os caracteres peso de semente e comprimento de fruto podem ser descartados em avaliações de variabilidade em frutos de camucamuzeiro.
4. O peso de fruto pode ser utilizado na seleção indireta do rendimento de polpa, por ser de mais fácil mensuração.

Referências

ANDRADE, J. S.; ARAGÃO, C. G.; GALEAZZI, M. A. M.; FERREIRA, S. A. N. Changes in the concentration of total vitamin C during maturation and ripening of camu-camu (*Myrciaria dubia*) fruits cultivated in the upland of Brazilian Central Amazon. **Acta Horticulturae**, v. 370, p.177-180, 1995.

BORÉM, A.; VIANA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 529 p.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V. L.; DESTRO, D.; PRETE, C. E. C.; GONZALES, M. G. N.; POPPER, I.; ZANATTA, S.; SILVA, F. A. M. Seleção de genótipos parentais de acerola com base na divergência genética multivariada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 8, p. 1613-1619, ago. 2000.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: análise multivariada e simulação**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1, 175 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2012. v. 2, 516 p.

CRUZ, C. O.; RESENDE, M. D. V. Mejoramiento genético y taza de autofecundación del camu-camu arbustivo em la Amazonía Peruana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 450-454, jun. 2008.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1987. 279 p.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development: theory and technique**. 2. ed. New York: Macmillan, 1987. 536 p.

GALATE, R. S.; MOTA, M. G. C.; GAIA, J. M. D.; COSTA, M. S. S. Caracterização morfoagronômica de germoplasma de açaizeiro no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 540-550, jun. 2012.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1981. 469 p.

MAUÉS, M. M.; COUTURIER, G. Biologia floral e fenologia reprodutiva do camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh, Myrtaceae) no Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 441-448, dez. 2002.

MIRANDA J. E. C.; COSTA C. P.; CRUZ, C. D. Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre caracteres de fruto e planta de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 457-468, 1988.

PANDURO, M. P. Análisis de correlación y heredabilidad em el mejoramiento genético del camu-camu. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 3, n. 1, p. 23-28, 2012.

RESENDE, M. D. V. **Software Selegen-Reml/Blup**. Colombo: Embrapa Floresta, 2002. 67 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 77).

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

VILLACHICA, H. L. **El cultivo del camu-camu (*Myrciaria dubia* [H.B.K.] McVaugh) en la Amazonia peruana**. Lima: Tratado de Cooperacion Amazonica, 1996. 95 p.

YUYAMA, K. A cultura do camu-camu no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. iii-iv, jun. 2011.

YUYAMA, K.; SIQUEIRA, J. A. S. Efeitos do tamanho da semente e do recipiente no crescimento de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 29, n. 4, p. 647-650, out./dez. 1999.

YUYAMA, K.; VALENTE, J. P. (Org.). **Camu-camu**. Jaboticabal: Funep, 2010. 50 p. (Séries Frutas Nativas, 4).



Amazônia Oriental

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**



CGPE 10742